



Matija Reya¹,
Jakob Škarabot², Nejc Šarabon^{1,3}

Ozadje uspešnosti potiska s prsi pri tekmovalcih triatlona moči

Povzetek

Potisk s prsi velja za eno izmed najbolj prepoznavnih in priljubljenih vaj za razvoj jakosti in predstavlja eno najbolj prepoznavnih vaj za moč pri delu z utežmi. V športu triatlona moči, za katerega je značilna manifestacija največje jakosti, je potisk s prsi - poleg počepa in mrtvega dviga - sestavni del uspešnega rezultata. Pri pregledu literature na področju dejavnikov uspešnosti potiska s prsi pri enkratni ponovitvi z mejnim bremenom (1 RM) smo ugotovili, da lahko dejavnike razdelimo v tri vsebinske skupine. Prvo sestavljajo strukturni dejavniki, med katere spadajo parametri telesne sestave in parametri telesnih razsežnosti. Drugo sestavljajo dejavniki tehnike, med katere spadajo kinematika palice in zgornje okončine, višina ledvenega loka in sila potiskanja stopal v podlago. Tretjo sestavljajo živčno-mišični dejavniki, ki jo zavzemajo parametri nivoja mišične aktivacije, mišične arhitekture in mišične aktivnosti primarnih izvajalk giba v posameznih fazah dviga. Zaradi splošnega pomanjkanja literature na področju populacije tekmovalcev triatlona moči spodbujamo več raziskovanja na tem področju.

Ključne besede: potisk s prsi, triatlon moči, uspešnost.



Underlying factors of the bench press performance among competitive powerlifters

Abstract

Bench press is considered one of the most recognisable and popular exercises for strength development and is commonly part of resistance training programmes. In addition to squat and deadlift, bench press is one of the three exercises performed in the sport of powerlifting. In this review we propose that the key determinants of 1-repetition-maximum (1 RM) bench press performance can be divided into three categories of factors. Firstly, 1 RM bench press performance is likely dependent on structural and anthropometric factors including body composition parameters and body segment lengths, widths and girths. Secondly, technique factors likely play a role in 1 RM bench press performance such as barbell and upper limb kinematics, the height of arch in the lumbar spine and the force production of the feet against the floor. Lastly, neuromuscular factors likely contribute to 1 RM bench press performance including voluntary muscle activation, muscle architecture and muscle activity of prime movers in different phases of the lift.

Key words: bench press, powerlifting, performance.

■ Značilnosti triatlona moči

Triatlon moči (v nadaljevanju TM) je šport, ki združuje nekatere najosnovnejše funkcije človeškega telesa. Gre za tekmovalno vajo pri treh osnovnih vajah z utežmi: v počepu, potisku s prsi (v nadaljevanju PP) in mrtvem dvigu. Osnovna pravila TM so preprosta. Cilj tekmovalca je pri vsaki vaji z eno ponovitvijo dvigniti največje breme. Končni zmagovalac je tisti, ki doseže največjo absolutno vsoto premaganih bremen vseh treh vaj. Vsak tekmovalac ima v posamezni disciplini na voljo tri poskuse, pri katerih lahko zeleno težo le povečuje, podobno kot pri skoku v višino ali pri olimpijskem dvigovanju uteži. Bistvo vseh treh dvigov je, da so izvedeni v enem samem, tekočem gibu in se izvajajo s standardno olimpijsko palico in utežnimi koluti (Powerlifting zveza Slovenije, 2017).

■ Potisk s prsi

Od leta 1950 velja PP za eno izmed najbolj prepoznavnih in priljubljenih vaj za razvoj jakosti oziroma pri delu z utežmi. Velja za eno izmed najboljših vaj za razvoj moči in jakosti zgornjega dela telesa in lahko predstavlja učinkovito sredstvo v programih kondicijske priprave športnikov (Elliot idr., 1989; Dunnick idr., 2015; Van den Tillar in Ettema, 2009). Omogoča razvoj mišic, ki sodelujejo pri horizontalnem primiku ramena in iztegovanju komolca ter ramenskih mišic, mišic podlahti in široke hrbtne mišice. Tekmovalna izvedba PP je opredeljena s pravili mednarodne zveze TM. Tekmovalac mora ležati na hrbtu in imeti kontakt na površino klopi z glavo, rameni in zadnjico, pri čemer mora imeti celotno površino stopal v kontaktu s tlemi tekom celotnega poteka dviga. Obenem mora držati palico z nadprijemom, pri čemer širina prijema ne sme presegati 81 cm. Po dvigu palice iz stoja ali brez pomoči osebja, z iztegnjenimi komolci počaka na sodnikov ukaz. Po ukazu lahko tekmovalac spusti palico na prsni koš ali na predel trebuha, pri čemer se ne sme dotakniti pasu. Ko se palica dotakne in za trenutek nepremično sloni na prsnem košu ali trebušnem predelu, lahko tekmovalac po ponovnem sodniškem ukazu začne z dvigom. Tekmovalac mora dvig izvesti s potiskanjem palice do iztegnjenih rok in zaklenjenih komolcev (International Powerlifting Federation, 2016).

■ Vadba največje jakosti

Vadba proti uporju je primarno sredstvo za spodbuditev živčno-mišičnih prilagoditev, saj se je pri različnih populacijah izkazala kot učinkovito sredstvo za razvoj jakosti in hipertrofije mišičnega tkiva (Peterson idr., 2005 in Wernbom idr., 2007). Zmožnost udejanjanja največje jakosti pri določeni vaji ali gibu je pogojena z mišično maso, živčnimi dejavniki in s seznanjenostjo z določeno vajo ali gibom (Sale, 1988). Raziskave so pokazale, da je volumen treninga jakosti pomembna spremenljivka, ki je odgovorna za mišične adaptacije po vadbi (Schoenfeld idr., 2014), saj se je pokazalo očitno razmerje med dozo (oz. volumnom) treninga jakosti na eni strani ter napredkom v največji jakosti in hipertrofiji na drugi (Krieger, 2009; 2010). Volumen treninga je opredeljen z bremenom, številom ponovitev in številom serij v nekem časovnem obdobju. Za jakost je značilno, da je specifična vaji ter obsegu ponovitev, kar pomeni, da več volumna kot bomo opravili z določeno vajo v določenem obsegu ponovitev, bolj bomo lahko manifestirali jakost za to vajo v tem obsegu ponovitev (Helms, 2015; Stone, 2002; Schoenfeld, 2014). Če se osredotočimo na študije, ki uporabljajo enake intenzivnosti in frekvenco pri trenažnem procesu razvoja jakosti, lahko opazimo, da je volumen treninga premo sorazmeren z razvojem jakosti (Robbins idr., 2012) do točke, ko posameznik pride do platoja v razvoju jakosti (Gonzalez-Badillo, 2005). To pomeni, da je za napredek pri jakosti potreben optimalen in ne čim večji volumen treninga oziroma največji volumen treninga, pri katerem je regeneracija nemotena. Za dolgoročen napredek pri treningu jakosti ali največje jakosti je torej nujno ravno pravo progresivno povečevanje volumna skozi športnikovo kariero (Helms, 2015). Spreminjanje volumna treninga na tedenski, mesečni ali celo letni ravni izzove adaptacijo telesa, ki se kaže v povečani jakosti. Ena izmed adaptacij je akumulacija mišične mase. Večja mišična masa ima na razpolago več mišičnih vlaken, ki so ključna za premagovanje velikih bremen. Adaptacija živčnega sistema poteka na nivoju rekrutacije Häkkinen idr., 2000; Aagaard idr., 2002), frekvenčne modulacije (Patten idr., 2001; Kamen in Knight, 2004) in sinhronizacije motoričnih enot (Semmler in Nordstrom, 1998) na tak način, da ti živčno-nadzorni mehanizmi postanejo učinkovitejši. Jakost ni le sposobnost, ampak tudi spretnost. To pomeni, da je za napredovanje v največji

jakosti potrebno napredovanje v obvladovanju giba ali vaje pri hitrosti in bremenu, pri katerih želimo napredovati v jakosti. Za največjo jakost je zato potrebno obvladati tehniko vaje pri največjih bremenih in posledično nizkih hitrostih gibanja (Helms, 2015). Razumevanje koncepta volumna vadbe in posledic, ki so posledica volumna vadbe, je ključno za ugotavljanje dejavnikov uspešnosti posameznika v tekmovalni manifestaciji največje jakosti, ki je značilna za šport TM.

■ Vpliv strukturnih dejavnikov na uspešnost potiska s prsi

Raziskave ugotavljajo močno povezanost med pusto telesno maso (v nadaljevanju PTM) in mejnim bremenom enkratne ponovitve (v nadaljevanju 1RM) PP ($r = 0,88$) ter enako močno povezanost med mišično maso in 1RM (Breuche in Abe, 2002; Ye idr., 2013). Isti avtorji tudi navajajo, da 1 kg mišične mase povprečno pojasnjuje 5 kg dviga pri PP z dodatnim pojasnilom Koegh idr. (2009), da pri uspešnejših tekmovalcih (> 410 Wilks točk) vsak povečan kg mišične mase prinese dodatne 4-5 kg oziroma 3 kg pri manj uspešnih tekmovalcih (< 370 Wilks točk). Ugotovitve niso presenetljive, saj je največja hotena mišična jakost tesno povezana z mišično maso in prečnim presekom skeletnih mišic (Ikai in Fukanaga, 1968; Maughan idr., 1983; Schantz idr., 1983; Maughan in Nimmo, 1984; Castro idr., 1995). Tipično velik delež PTM odraža velik delež mišične mase, kar ima velik potencial za razvoj največje jakosti. Sklepamo lahko, da je razvoj največje jakosti omejen s sposobnostjo akumuliranja mišične mase (Breuche in Abe, 2002). To potrjuje dejstvo, da absolutno najboljši rezultati v TM in dvigovanju uteži pripadajo posameznikom v najtežjih kategorijah. Obstajajo poročila, da je 100 kg PTM nekje tista zgornja meja pri zdravi človeški populaciji (Forbes, 1987), čeprav so nekatere študije, ki so preučevale športnike ameriškega nogometa in sumo borca, ugotovile tudi višje vrednosti (Wilmore idr., 1976; Kondo idr., 1994; Abe idr., 1999). Največja kadarkoli izmerjena PTM do leta 2002 znaša 121,3 kg in pripada sumo borcu. Če bi to maso vnesli v napovedno formulo PTM in zmogljivosti počepa, PP in mrtvega dviga ter rezultat primerjali z ameriškim absolutnim rekordom do leta 2002, bi dobili 433 napovedanega počepa oziroma 433 dejanskega rezultata, napovedanega 294

kg PP oziroma 296 kg dejanskega rezultata in napovedanega 371 kg mrtvega dviga oziroma 411 kg dejanskega rezultata, pri čemer je napovedan rezultat tisti, ki je bil izračunan iz formule in dejanski rezultat tisti, ki je bil dosežen na tekmovanju (Breuche in Abe, 2002). V raziskavi (Akagi idr., 2014) so pri atletih, ki so imeli za sabo vsaj 1 leto izkušenj s PP, ugotovili visoko povezanost ($r = 0,88$) med največjim prečnim presekom velike prsne mišice in 1RM PP. Vendar brez prilagoditev živčnega sistema oz. živčno-mišične aktivacije povečana produkcija sile ne sovпада s povečanjem mišične mase, pri čemer ostane razmerje med silo in mišičnim presekom mišice enako (Maughan idr., 1983; Schantz idr., 1983; Maughan in Nimmo 1984; Sale idr., 1987; Ichinose idr., 1998) ali se celo zmanjša (Alway idr., 1990).

Študije, ki so primerjale antropometrične profile tekmovalcev TM, ki so se razlikovali v telesni masi, so ugotovile, da so številne antropometrične spremenljivke odgovorne za med-skupinske razlike v največji jakosti (Brechue in Abe, 2002; Fort idr., 1996; Keogh idr., 2007). Fry idr. (2007) so pri mladih elitnih dvigovalcih uteži odkrili višji delež PTM, krajšo nadlahtnico, krajšo golen in krajši trup v primerjavi z mladimi neelitnimi dvigovalci uteži. Sklepamo lahko, da so podobne povezave prisotne tudi med tekmovalci TM in zmogljivostjo PP. Pomemben prispevek uspešnosti v TM ima lahko tudi nižja telesna višina in krajše okončine. Razlaga za to je, da imajo daljši telesni segmenti daljše ročice, kar posledično s strani posameznika zahteva več proizvedenega navora za premagovanje istega bremena v primerjavi s posamezniki nižje rasti s krajšimi okončinami (Fry idr., 2007 in Katch idr., 1980). V študiji Keogh idr. (2009) so primerjali antropometrične značilnosti uspešnih (> 410 Wilks točk) in manj uspešnih (< 370 Wilks točk) tekmovalcev TM. Predpostavljali so, da bodo manj uspešni tekmovalci imeli nižjo mišično maso, nižje obsege ter daljše okončine od bolj uspešnih tekmovalcev. Rezultati so pokazali, da so imeli vsi tekmovalci TM nadpovprečno mišično maso, kostno maso, nadpovprečno izraženo mezomorfno komponento in povprečno dolžino okončin glede na normalno populacijo. Ugotovitve so skladne s predhodnimi študijami, ki so preučevale antropometrične lastnosti tekmovalcev TM (Breuche in Abe, 2002; Katch idr., 1980; Keogh idr., 2007; Mayhew idr., 1993). Opazili so tudi izrazito mezomorfno komponento, ki je pri nekaterih posameznikih presegala vrednost 10. Povečana kostna masa in povečana širina

kosti, ki sta bili opaženi pri obeh skupinah tekmovalcev, je lahko prednost z vidika povečane zmožnosti razvoja mišične mase (Mayhew idr., 1993) in povečane zmožnosti zoperstavljanja visokim stiskalnim in strižnim silam ter navorom, ki nastajajo pri premagovanju največjih bremen (Escamilla idr., 2000). To lahko vpliva na manjšo dovzetnost za poškodbe (predvsem ramena, spodnjega dela hrbta in kolena), ki imajo negativen vpliv na trenajni proces in zmogljivost v TM (Keogh idr., 2006). Med skupinama ni bilo razlik glede dolžine segmentov, kar pomeni, da omenjena spremenljivka ni odgovorna za med-skupinske razlike v največji jakosti. Prav tako med skupinama ni bilo razlik v kostni masi. Po drugi strani so se med skupinama pokazale razlike v mišični masi in telesnih obsegih; natančneje v absolutni mišični masi, obsegu pokrčene nadlahti, obsegu podlahti in obsegu prsnega koša. Rezultati nakazujejo in ponovno potrjujejo pomembnost mišične mase pri TM. Odgovor na povečano mišično maso v boljši skupini tekmovalcev TM bi lahko iskali v izkušnjah s treningom največje jakosti, trenajnem procesu in genetiki. Avtorji izključujejo uporabo dopinga kot eno izmed možnih odgovorov, saj nihče izmed preiskovancev v roku dveh let pred raziskavo ni bil testiran pozitivno na dopiškem testu (Keogh idr., 2009). Pri raziskavi Keogh idr. (2009) velja omeniti, da je bila opravljena glede na uspešnost rezultata v TM in ne izključno glede na uspešnost pri PP. Upoštevajoč, da PP najmanj pripomore k skupnemu dosežku v TM (tekmovalci so sposobni dvigovati večja bremena pri počepu in mrtvem dvigu v primerjavi s PP), obstaja možnost, da so uspešni tekmovalci v raziskavi Keogh idr. (2009) kategorizirani kot uspešni zaradi dobrih počepov in mrtvih dvigov in ne toliko zaradi uspešnosti PP. Rezultatov študije torej ne moremo posploševati, saj zaradi omenjenega, ne moremo enačiti skupne uspešnosti v TM z uspešnostjo pri PP. Hart, Ward in Mayhew (1991) so preverjali vpliv antropometričnih značilnosti na zmogljivost PP pri posameznikih, ki se rekreativno ukvarjajo z vadbo za moč. Poleg že znanega vpliva mišične mase in telesnih obsegov na zmogljivost so odkrili značilno negativno povezavo med dolžino nadlahtnice in zmogljivostjo PP, kar je v nasprotju s prej opisanimi ugotovitvami Keogh-a idr. (2009). Iz teh ugotovitev ni mogoče skleniti, da so tekmovalci s krajšimi rokami na splošno v prednosti, saj je po drugi strani daljša dolžina roke bolj ugodna za zmogljivost pri mrtvem dvi-

gu (Mayhew idr., 1993). Prav tako so Keogh idr. (2009) predlagali nadaljnje raziskovanje povezave antropometričnih značilnosti za vsak dvig posebej, s katerimi bi lahko dobili teoretično optimalen antropometrični profil za počep, PP in mrtvi dvig.

■ Vpliv dejavnikov tehnike na uspešnost potiska s prsi

PP je kompleksen gib, pri katerem moramo sočasno izvesti tri gibanja: upogib ramena, horizontalni primik ramena ter izteg komolca. Potrebe po upogibu ramena naraščajo z oddaljenostjo palice od ramenskega sklepa v transverzalni ravnini. Običajno je pri PP oddaljenost palice od ramena v transverzalni ravnini največja takrat, ko palica v najnižji točki dviga miruje na prsnem košu. Potrebe navora horizontalnega primika ramena naraščajo s širino prijema palice, saj se z oddaljenostjo dlani od ramena v transverzalni ravnini povečuje navor na horizontalne primikalke ramena. Glede na to, da se širina prijema pri izvajanju PP med dvigom ne spreminja, ostajajo navori horizontalnega primika tekom dviga enaka. Pri iztegu komolca se potrebe po iztegu komolca povečujejo s postavljanjem komolcev pred palico. Glede iztega komolca in horizontalnega primika moramo upoštevati tudi vpliv lateralnih sil na palico, ki nastajajo pri dvigu. V študiji (Duffey in Challis, 2011) poročajo, da velikost lateralnih sil pri 1RM pri začetnikih predstavlja 26 % velikosti vertikalnih sil. Lateralne sile so zaradi rezultante vektorjev vertikalnih in lateralnih sil odgovorne za zmanjševanje ročice horizontalnega primika. Na ta način poteka horizontalni primik in izteg komolca sinhrono, saj je izteg komolca odgovoren za povečevanje lateralnih sil in s tem pomaga pri izvedbi horizontalnega primika (Nuckols, 2017).

■ Območje preloma pri vadbi največje jakosti

Pri vadbi za razvoj jakosti je veliko govora o pojavu točke preloma oz. bolje rečeno o območju preloma (v nadaljevanju OP). Splošno gledano je to točka ali območje med obsegom gibanja pri vadbi za razvoj jakosti, za katerega je značilno neproporcionalno povečanje težavnosti premagovanja upora (Krompf in Arandjelović, 2016). OP je zanimivo predvsem iz dveh praktič-

nih vidikov. Prvi se nanaša na zmogljivost in predpostavlja, da je OP najšibkejši člen pri izvajanju določene vaje in je posledično glavni omejitveni dejavnik, ki ima lahko bistven pomen pri trenažnem procesu vadbe za razvoj jakosti ali je neposredno odgovoren za športnikov rezultat (pri dvigovanju uteži in TM). Drugi vidik se nanaša na varnost pri vadbi ter na preprečevanje poškodb. V smislu, da neproporcionalno povečanje težavnosti vaje v kombinaciji z biomehansko šibkim členom v obsegu gibanja poveča možnost za »razpad« optimalne tehnike, s čimer se poveča možnost za pojav poškodb (Krompf in Arandjelović, 2016; Elliott idr., 1989). OP lahko delno opišemo z odnosom sila : dolžina mišice. Znano je, da krajšanje ali raztezanje mišice glede na njeno optimalno dolžino za proizvodnjo sile povzroča zmanjšano prekrivnost aktina in miozina, kar negativno vpliva na razvoj sile (Smith idr., 1996). To pomeni, da se zmožnost proizvodnje mišične sile med obsegom gibanja vaje spreminja ne glede na spremembo ročic, ki je posledica biomehanike vaje. Sila, ki jo posamezna mišica lahko razvije proti uporu, je določena z biomehanskimi značilnostmi človeškega telesa in specifične vaje. To vključuje prenos sil preko ročic in navorov. Navor se spreminja s spreminjanjem sile, ki jo proizvaja mišica in z dolžino ročice, na kateri mišica deluje preko sklepa. Dolžina ročice pri vadbi za moč je določena s kotom v sklepu ali z oddaljenostjo bremena od trajektorije gibanja. Razumevanje delovanja navorov pri vadbi moči je pomemben faktor pri obravnavanju OP zaradi biomehanskih sprememb, ki vplivajo na izvajanje vaje na različnih funkcionalnih področjih (Krompf in Arandjelović, 2016).

■ Območje preloma pri potisku s prsi

O OP pri PP je veliko govora v prvih študijah, ki so preučevale biomehaniko izvajanja PP z zelo velikimi in največjimi bremenami (Elliott idr., 1989; Lander idr., 1985; Madsen in McLaughlin, 1984). OP (Slika 3) so opredelili kot zaviralno fazo koncentričnega dela dviga, ki se začne ob največji hitrosti premikanja palice navzgor in traja do trenutka, ko doseže najnižjo hitrost gibanja (Madsen in McLaughlin, 1984; Elliott idr., 1989). Med tem časom je sila potiskanja nižja od sile teže bremena, zato pride do zaviranja gibanja palice (van der Tillaar in Ettema, 2010). Zgodi se pri kvazi maksimalnih (90 % 1RM),

maksimalnih (1RM) ter pri supramaksimalnih dvigih, pri katerih se pojavi neuspešen poskus (> 1RM), medtem ko se pri submaksimalnih dvigih (80 % 1RM) ne pojavi. Območje zavzema 35-45 % celotnega vertikalnega premika palice (Newton idr., 1997; Elliot idr., 1989). Razlog pojava OP še ni povsem razjasnjen. Elliot idr. (1989) so ugotovili, da pri PP povečan navor v ramenskem in komolčnem sklepu ali zmanjšana aktivnost glavnih izvajalk giba (velika prsna mišica, sprednja ramenska mišica in iztegovalka komolca) nista odgovorna dejavnika za pojav točke preloma pri koncentričnem delu PP. Elliot idr. (1989) in Madsen in McLaughlin (1984) so sklepali, da v OP pride do neugodnega odnosa sila : dolžina mišice, saj naj bi bile tedaj mišice v mehansko neugodnem položaju z omejeno sposobnostjo razvoja sile. Kasneje sta Van den Tillaar in Ettema (2010) to hipotezo zavrnila in predpostavila, da se OP ne pojavi zaradi samega onemogočenega razvoja sile v tem položaju, temveč zaradi zmanjšane potenciacije, ki je posledica shranjene elastične energije ekscentrično-koncentrične kontrakcije. Ta začenja pojenjati ravno v časovnem območju pojava točke preloma. Kasneje so isti avtorji Van den Tillaar, Saeterbakken in Ettema (2012) želeli potrditi to hipotezo z raziskavo, v kateri so primerjali kinematiko in mišično aktivnost pri izometričnem PP v različnih položajih oz. kotih v sklepih in običajno izvedbo 1RM. V izometričnih pogojih ne more priti do izkoriščanja elastične energije ekscentrično-koncentrične kontrakcije, zato bi pojav morebitnega OP (relativno zmanjšana proizvodnja sile v določenem položaju) pomenil, da njihova hipoteza ne more držati. Ugotovili so, da je tako pri izometrični kot tudi običajni izvedbi PP prišlo do pojava OP v enakem območju dviga, kar pomeni, da je ta pojav dejansko posledica mehansko neugodnega položaja, ki se nanaša na razmerje sila : dolžina mišice, kar predlagali že Elliot idr. (1989) in Madsen in McLaughlin (1984). Van den Tillaar in Ettema (2009) so primerjali uspešne in neuspešne poskuse 1RM PP pri posameznikih, ki so imeli vsaj eno leto izkušenj s treningom PP. Pri neuspešnih poskusih je bila višina palice v trenutku, ko se je neuspešen dvig zgodil, nižja v primerjavi z višino palice ob najnižji hitrosti dviga pri uspešnem poskusu. To je skladno z večjim navorom v komolčnem sklepu, ki se je pojavil v točki najnižje hitrosti dviga pri neuspešnih poskusih. Elliot idr. (1989) so odkrili, da se v OP navor v ramenskem sklepu zmanjša tako v uspešnih kot tudi v neuspešnih poskusih, medtem ko

sta Van den Tillaar in Ettema (2009) odkrila nespremenjen navor v ramenskem sklepu v različnih fazah dviga. V območju točke preloma pri uspešnih dvigih se je navor v komolčnem sklepu zmanjšal za 8 %, medtem ko je pri neuspešnih dvigih ostal nespremenjen. To je lahko pojasnjeno z manjšimi koti upogiba komolca in manjšemu ramenskemu horizontalnemu odmiku, ob najnižji hitrosti dviga, pri uspešnih poskusih v primerjavi z neuspešnimi. Posledica tega je večji navor na komolčni sklep ob najnižji hitrosti dviga pri neuspešnih dvigih.

■ Kinematika palice in zgornje okončine pri potisku s prsi

Med različnimi bremenami (80 % 1RM, 1RM in 104 % 1RM) ni velikih razlik med potjo palice v ekscentričnem delu dviga. Palica v ekscentričnem delu giba pri 1RM potuje od začetnega položaja do točke največje hitrosti pod 18° kotom, medtem ko se od točke največje hitrosti do točke mirovanja na prsnem košu giba pod 24° kotom. Pri koncentričnem delu dviga se pot palice med zgoraj omenjenimi bremenami razlikuje. S povečevanjem bremena se povečuje težnja po zmanjševanju navora na ramenski sklep, saj se je pokazal trend, da se s povečevanjem bremena povečuje tudi horizontalni premik palice glede na začetno točko koncentričnega dela giba. Od začetnega mirovanja palice na prsnem košu do točke največjega pospeška v fazi pospeševanja koncentričnega dela dviga je bila pot premikanja palice pod kotom 88° za 80 % 1RM, pod kotom 60° za 1RM in pod kotom 57° za 104 % 1RM, pri čemer 0° predstavlja negativno abscisno os sagitalne ravnine, medtem ko 90° predstavlja ordinatno os sagitalne ravnine. Od točke največjega pospeška do največje hitrosti se je pot palice obnašala podobno (70° za 80 % 1RM, 66° za 1RM in 51° za 104 % 1RM). Ta trend se je nadaljeval skozi nadaljnji potek dviga z izjemo neuspelega poskusa (104 % 1RM), kjer se je horizontalni premik povečal do te mere, da posameznik ni bil več sposoben premagati bremena. Povprečen kot poti palice med koncentričnim delom dviga za 1RM breme je v fazi pospeševanja znašal 66°, medtem ko je v OP znašal 50° (Elliott idr., 1989). O podobnem trendu poti palice poročajo tudi Madsen in McLaughlin (1984). OP je zavzemalo 28,8 % celotne faze koncentričnega dela dviga pri 1RM bremenu in 36,5 % celotnega horizontalnega premika palice v

primerjavi z neuspešnim poskusom, kjer je OP zavzemalo 40,8 % celotnega časa dviga in 57,4 % celotnega horizontalnega premika palice (Elliott idr., 1989). Po začetni točki faze pospeševanja, ki je povprečno trajala 0,09 s, so preiskovanci v raziskavi (Elliott idr., 1989) začeli premikati komolce lateralno tekom celotnega koncentričnega dela 1RM dviga. To pomikanje komolca v transversalni ravnini in postavljanje komolcev tik pod pravokotno projekcijo težišča palice je odgovorno za zmanjševanje navora v komolcu v prvi polovici koncentričnega dela dviga. Lander idr. (1985) so predlagali, da je optimalen kot med trupom in nadlahtnico v začetni fazi dviga nekje okoli 45°. Ta kot se kasneje začne povečevati do 90° z namenom večjega sodelovanja velike prsne mišice pri poznejših fazah dviga. Drugi avtorji poročajo o nekoliko drugačnih kotih med trupom in nadlahtnico z vrednostjo 60° v začetni fazi dviga in z največjo vrednostjo 68° v kasnejši fazi dviga (Elliott idr., 1989), oziroma 60° v začetni fazi in 71° v končni fazi dviga (Van der Tillaar in Ettema, 2010).

■ Ledveni lok in sila potiskanja stopal v podlago pri potisku s prsi

Pravila mednarodne zveze TM ne omejujejo uporabe ledvenega loka med izvedbo PP. Na osnovi izkušenj v praksi in po poročanju tekmovalcev in trenerjev TM predvidevamo, da lahko ustvarjanje ledvenega loka predstavlja prednost zaradi posledičnega privziga spodnjega dela prsnega koša ter s tem zmanjšanega upogiba komolca in horizontalnega odmika ramen, kar bi lahko vplivalo na biomehansko bolj ugoden položaj v začetni fazi dviga. Prav tako se omenja tudi pomembnost potiskanja stopal v tla in povezanost le-tega z ledvenim lokom ter večjo zmogljivostjo v najnižji točki koncentričnega dela dviga. Ob pregledu literature z dotičnega področja nismo našli študije, ki bi preučevala vpliv loka ali potiskanja stopal v tla na izvedbo PP.

■ Vpliv živčno-mišičnih dejavnikov na uspešnost potiska s prsi

Pri izvajanju PP z uporabo olimpijske palice sta najbolj aktivni velika prsna mišica ter iztegovalka komolca in nekoliko manj prednja ramenska mišica. Ta ugotovitve

ni presenetljiva glede na velikost teh dveh mišic in njihovo zmogljivost proizvodnje sile pri dotičnem gibu. Izkazalo se je, da je iztegovalka komolca najbolj dovzetna za spremembe v aktivnosti pri uporabi različnih variacij (Stasntny idr., 2017). Pri tradicionalnemu mišičnemu modelu PP se za glavne izvajalke giba smatrajo velika prsna mišica, prednja ramenska mišica in iztegovalka komolca. Omenjeni mišični model so sprva uporabili Elliot idr. (1989), ki so uporabili medialni del velike prsne mišice in dolgo glavo iztegovalka komolca. Kasneje je Barnett (1995) predlagal, da bi lahko imela široka hrbtne mišice prav tako pomembno vlogo pri izvajanju PP. Njegove ugotovitve so potrdili tudi Campos in Silva (2014) ter Norwood idr. (2007). Król in Golas (2017) sta ugotovila, da se s povečevanjem bremena od 70 % 1RM do 100 % 1RM povečuje mišična aktivnost velike prsne mišice, iztegovalka komolca, prednje ramenske mišice in široke hrbtne mišice. S to izjemo, da se pri 100 % 1RM v začetni fazi koncentričnega dela giba, aktivacija velike prsne mišice zmanjša, medtem ko se aktivacija iztegovalka komolca poveča. Velika prsna mišica tako pri največji aktivnosti zamenja vlogo iz glavne izvajalke giba v glavno-podporno izvajalko giba glede na submaksimalne aktivnosti. Vlogo glavne izvajalke giba pri 1RM BP tako prevzmeta prednja ramenska mišica in iztegovalka komolca (Król in Golas, 2017). Nasprotno drugi avtorji ugotavljajo, da sta imeli velika prsna mišica in iztegovalka komolca povečano aktivnost v OP, kar nakazuje, da sta ti dve mišici odgovorni za premagovanje OP (Van der Tillaar, Saeterbakken in Ettema, 2012). Raziskave ugotavljajo, da v koncentričnem delu PP ni bilo razlik v mišični aktivaciji med uspešnim poskusom 1RM in neuspešnim poskusom 1RM (breme 1RM + 2,5 kg) z dodatnim pojasnilom, da je bila aktivacija ramenske mišice v obdobju pred OP manjša pri neuspešnem poskusu v primerjavi z uspešnim poskusom 1RM (Van der Tillaar in Ettema, 2009). Avtorji so opazili tudi aktivnost dvoglave upogibalke komolca v začetku pospeševalne faze, ki je največjo aktivnost dosegla ob koncu OP. Aktivacija dvoglave upogibalke komolca naj bi služila stabilizaciji komolca (Elliot idr., 1989). V raziskavi (Kristiansen idr., 2015) so preučevali razlike v aktivaciji sinergistov med tekmovalci TM in netreniranimi posamezniki. Pri aktivaciji sinergistov so opazili večje medsebojne razlike v skupini izkušenih tekmovalcev v primerjavi z začetniki, kar nakazuje, da imajo tekmovalci bolj individualizirane moto-

rične strategije pri PP v primerjavi z začetniki (Kristiansen idr., 2015).

Tudi mišična arhitektura ima lahko vpliv na zmogljivost pri TM, saj je bila pokazana pozitivna povezava med dolžino mišičnih fasciklov in zmogljivostjo pri TM, negativna povezava zmogljivosti s peresnim kotom in negativna povezava med dolžino mišičnih fasciklov in peresnim kotom (Breuche in Abe, 2002). Dolžina mišičnih fasciklov očitno vpliva na večjo proizvodnjo sile, glede na prečni presek mišice. Normalizirana sila na prečni presek mišice je tako večja pri dolgih mišičnih fasciklih in manjša pri velikih peresnih kotih (Kerns idr., 2000; Kumagai idr., 2000). Akumulacija PTM je povezana z dolžino mišičnih fasciklov zaradi dodajanja serialnih sarkomer (Tarbary idr., 1972; Lynn in Morgan 1984; Baker idr., 2000) ali zaradi povečane dolžine sarkomer (Barnett idr., 1980; Ashmore in Summers, 1981; Baker idr., 2000).

■ Zaključek

Zanimivo bi bilo preučiti, katera izmed treh skupin dejavnikov, ki vplivajo na 1RM PP, ima največ zaslug za uspešnost PP. Glede na splošne ugotovitve dosedanjih študij favoriziramo skupino strukturnih dejavnikov zaradi pogostih poročanj o visoki povezavi mišične mase z uspešnostjo v TM. Pri drugih dveh skupinah so študije v povezavi s tekmovalci triatlona moči zelo omejene, zato so napovedi glede zaslug dejavnikov tehnike in živčno-mišičnih dejavnikov večja neznanca. Zaradi splošnega pomanjkanja literature na populaciji tekmovalcev TM, spodbujamo več raziskovanja na tem področju. Omenjena populacija je z raziskovalnega vidika zanimiva zaradi narave športa TM, pri katerem je za uspešen rezultat potrebna ultimativna sposobnost prikaza največje jakosti.

■ Literatura

1. Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 93, 1318–1326.
2. Abe, T., Brown, J. B., Brechue, W. F. (1999). Architectural characteristics of muscle in black and white college football players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, 1448–1452

3. Akagi, R., Tohdoh, Y., Hirayama, K., Kobayashi, Y. (2014). Relationship of pectoralis major muscle size with bench press and bench throw performances. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28, (6), 1778-82.
4. Ashmore, C. R., Summers, P. J. (1981) Stretch-induced growth in chicken wing muscles: myofibrillar proliferation. *American Journal of Physiology*, 51, 93-97.
5. Baker, M. J., Utkan, A., Khalafi, A., Green, S., Caiozzo, V. J. (2000). Sarcomere remodeling following muscle lengthening: architectural analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 211.
6. Barnett, J. G., Holly, R. G., Ashmore, A. R. (1980) Stretch-induced growth in chicken wing muscles: biochemical and morphological characterization. *American Journal of Physiology*, 239, 39-46.
7. Barnett, C., Kippers, V., Turner, P. (1995). Effects of Variations of the Bench Press Exercise on the EMG Activity of Five Shoulder Muscles. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9, (4), 222±7.
8. Brechue, W. F. in Abe, T. (2002). The role of FFM accumulation and skeletal muscle architecture in powerlifting performance. *European Journal of Applied Physiology*, 86, (4), 327-36.
9. Caiozzo VJ, Perrine JJ, Edgerton VR. (1981). Training-induced alterations of the in vivo force-velocity relationship of human muscle. *Journal of Applied Physiology*, 53, (3), 750-4.
10. Campos, Y. D. A. C., Da Silva, S. F. (2014). Comparison of electromyographic activity during the bench press and barbell pullover exercises. *Motriz Revista de Educacao Fisica*, 20, (2), 200-205.
11. Castro, M. J., McCann, D. J., Shaffrath, J. D., Adams, W. C. (1995). Peak torque per unit cross-sectional area differs between strength-trained and untrained young adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 397-403.
12. Cheng, A. J., & Rice, C. L. (2010). Voluntary activation in the triceps brachii at short and long muscle lengths. *Muscle and Nerve*, 41, (1), 63-70.
13. Duffey, M. J. in Challis J. H. (2011). Vertical and lateral forces applied to the bar during the bench press exercise in novice lifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2442-7.
14. Dunnick, D.D., Brown, L. E., Coburn, J.W., Lynn, S.K., Barillas, S.R. (2015). Bench Press Upper-Body Muscle Activation Between Stable and Unstable Loads. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(12), 3279-83.
15. Elliott, B. C., Wilson, G. J., in Kerr, G. K. (1989). A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21, 450-462.
16. Escamilla, R. F., Lander, J. E., in Garhammer, J. (2000). *Biomechanics of powerlifting and weightlifting exercises*. Exercise and Sport Science. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.
17. Forbes, G. B. (1987). *Human body composition: growth, aging, nutrition, and activity*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
18. Fort, C., Dore, E., Defranca, N., and Van Praagh, E. (1996). *Anthropometric and performance characteristics in elite powerlifters of both sexes*. In: First Annual Congress, Frontiers in Sport Science, the European Perspective. Nice: European College of Sports Science.
19. Fry, A. C., Ciroslan, D., Fry, M. D., LeRoux, C. D., Schilling, B. K., in Chiu, L. Z. F. (2007). Anthropometric and performance variables discriminating elite American junior men weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, 861-866.
20. Gonzalez-Badillo, J.J., et al. (2005). Moderate resistance training volume produces more favorable strength gains than high or low volumes during a short-term training cycle. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, (3), 689-97.
21. Häkkinen, K., Kallinen, M., Izquierdo, M., Jokelainen, K., Lassila, H., Mälkiä, E., Kraemer, W. J., Newton, R. U., Alen, M. (1998). Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *Journal of Applied Physiology*, 84, 1341-1349.
22. Hart, C. L., Ward, T. E., in Mayhew, D. L. (1991). Anthropometric correlates with bench press performance following resistance training. *Sports Medicine Training and Rehabilitation*, 2, 89-95.
23. Helms, E., Valdez, A., & Morgan, A. (2015). *The Muscle and Strength Pyramids. Training*. Pridobljeno 6.4.2018 iz <https://muscleandstrengthpyramids.com/>
24. Ichinose, Y., Kanehisa, H., Ito, M., Kawakami, Y., Fukunaga, T. (1998). Morphological and functional differences in the elbow extensor muscle between highly trained male and female athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 78, 109-114.
25. Ikai, M., Fukunaga, T. (1968). Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement. *Internationale Zeitschrift Fur Angewandte Physiologie*, 26, 26-32.
26. Kamen, G., Knight, C. A. (2004). Training-related adaptations in motor unit discharge rate in young and older adults. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 59, 1334-1338.
27. Katch, V. L., Katch, F. I., Moffatt, R., and Gittleson, M. Muscular development and lean body weight in body builders and weight lifters. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12, 340-344.
28. Keogh, J. W. L., Hume, P. A., Pearson, S. N., and Mellow, P. (2007). Anthropometric dimensions of male powerlifters of varying body mass. *Journal of Sports Sciences*, 25, 1365-1376.
29. Keogh, J. W. L., idr. (2009). Can absolute and proportional anthropometric characteristics distinguish stronger and weaker powerlifters? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 8, 2256-2265.
30. Kondo, M., Abe, T., Ikegawa, S., Kawakami, Y., Fukunaga, T. (1994). Upper limit of fat-free mass in humans: a study on Japanese Sumo wrestlers. *American Journal of Human Biology*, 6, 613-618.
31. Krieger, J. W. (2009). Single versus multiple sets of resistance exercise: a meta-regression. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1890-1901.
32. Krieger, J. W. (2010). Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a metaanalysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 1150-1159.
33. Kristiansen, M., Madeleine, P., Hansen, E. A., & Samani, A. (2015). Inter-subject variability of muscle synergies during bench press in power lifters and untrained individuals. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25 (1), 89-97.
34. Król, H., Golas, A., & Sobota, G. (2010). Complex analysis of movement in evaluation of flat bench press performance. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 12 (2), 93-98.
35. Krompf, J. in Arandjelović, O. (2016). The sticking point in the bench press, the squat and the deadlift: Similarities and differences, and their significance for research and practice. *Sports Medicine*, (4), 631-640.
36. Kumagai, K., Abe, T., Brechue, W. F., Mizuno, M. (2000). Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. *Journal of Applied Physiology*, 88, 811-816.
37. Lander, J. E., Bates, B. T., Swahill, J. A., in Hamill, J. (1985). A comparison between free-weight and isokinetic bench pressing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17, 344-353.
38. Lynn, R., Morgan, D. L. (1984) Decline running produces more sarcomeres in rat vastus intermedius muscle fibers than does incline running. *Journal of Applied Physiology*, 77, 1439-1444
39. Madsen, N., in McLaughlin, T. (1984). Kinematic factors influencing performance and injury risk in the bench press exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 16, (4), 376-381.
40. Maughan, R. J., Nimmo, M. A. (1984). The influence of variations in muscle fibre composition on muscle strength and cross-sectional area in untrained males. *The Journal of Physiology*, 351, 299-311.
41. Maughan, R. J., Watson, J. S., Weir, J. (1983). Strength and cross-sectional area of human

- skeletal muscle. *The Journal of Physiology*, 338, 37–49.
42. Mayhew, J. L., McCormick, T. P., Piper, F. C., Kurth, A. L., and Arnold, M. D. (1993). Relationships of body dimensions to strength performance in novice adolescent male powerlifters. *Pediatric Exercise Science*, 5, 347–356.
 43. Mayhew, J.L., Piper, F.C., and Ware, J.S. (1993). Anthropometric correlates with strength performance among resistance trained athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 33, 159–165.
 44. McLaughlin, T. M. (1985). Grip spacing and arm position. *Powerlifting U.S.A.*, 8, (6), 24.
 45. McLaughlin, T. M. (1985). Bar path and the bench press. *Powerlifting U.S.A.*, 8, (5), 20.
 46. Newton, R. U. idr. (1997). Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75 (4), 333-42.
 47. Norwood, J. T., Anderson, G. S., Gaetz, M. B., Twist, P. W. (2007). Electromyographic activity of the trunk stabilizers during stable and unstable bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21 (2), 343-347.
 48. Nuckols, G. (2017). How to Bench: The Definitive Guide. Pridobljeno 23. 1. 2018 iz <https://www.strongerbyscience.com/how-to-bench/>
 49. Patten, C., Kamen, G., Rowland, D. M. (2001). Adaptations in maximal motor unit discharge rate to strength training in young and older adults. *Muscle Nerve*, 24, 542–550.
 50. Peterson, M. D., Rhea, M. R., Alvar, B. A. (2005) Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 950-958.
 51. Powerlifting zveza Slovenije. (2018). Pridobljeno 13.4.2018 iz <http://www.powerlifting.si/>
 52. Robbins, D.W., P.W. Marshall, in M. McEwen. (2012) The effect of training volume on lowerbody strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26 (1), 34-9.
 53. Sale, D. G., MacDougall, J. D., Alway, S. E., Sutton, J. R. (1987). Voluntary strength and muscle characteristics in untrained men and women and male body builders. *Journal of Applied Physiology*, 62, 1786–1793.
 54. Sale, D. G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20, 135-45.
 55. Schantz, P., Randall-Fox, E., Hutchison, W., Tyden, A., Astrand, P. O. (1983). Muscle fiber type distribution, muscle cross-sectional area and maximal voluntary strength in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 117, 219–226.
 56. Schoenfeld, B.J. idr. (2015). Effects of Low-Versus High-Load Resistance Training on Muscle Strength and Hypertrophy in Well-Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29 (10), 2954-63.
 57. Semmler, J. G., Nordstrom, M. A. (1998). Motor unit discharge and force tremor in skill- and strength-trained individuals. *Experimental Brain Research*, 119, 27–38.
 58. Smith, L. K., Weiss, E. L., Lehmkuhl, L. D. (1996) Brunnstrom's clinical kinesiology. (5th ed.). Philadelphia: F.A. Davis Company.
 59. Stastny, P. idr. (2017). A systematic review of surface electromyography analyses of the bench press movement task. *PLoS One*, 12, (2).
 60. Stone, M., S. Plisk, and D. Collins. (2002). Training principles: evaluation of modes and methods of resistance training--a coaching perspective. *Sports Biomechanic*, 1 (1), 79-103.
 61. Tarbary, J. C., Tarbary, C., Tardieu, C., Tardieu, G., Goldspink, G. (1972). Physiological and structural changes in the cat's soleus muscle due to immobilization at different lengths by plaster casts. *Journal of Applied Physiology*, 224, 231–244.
 62. Van Den Tillaar, R., in Ettema, G. (2009). A comparison of successful and unsuccessful attempts in maximal bench pressing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41, (11), 2056–2063.
 63. Van den Tillaar, R., in Ettema, G. (2010). The "sticking period" in a maximum bench press. *Journal of Sports Sciences*, 28, (5), 529–535.
 64. Van Den Tillaar, R., Saeterbakken A. H., Ettema, G. (2012). A comparison of successful and unsuccessful attempts in maximal bench pressing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41 (11), 2056–2063.
 65. Wernbom, M., Augustsson, J. in Thomee, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Medicine*, 37, 225-264.
 66. Wilmore, J. H., Parr, R. B., Haskell, W. L, Costill, D. L, Milburn, L. J, Kerlan, R. K. (1976). Athletic profile of professional football players. *The Physician and Sportsmedicine*, 4, 45–54.
 67. Ye, X idr. (2013). Relationship between lifting performance and skeletal muscle mass in elite powerlifters. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 53 (4), 409-14.

Izr. prof. dr. Nejc Šarabon, dipl. fiziot.,
 prof. šp. vzg.
 Univerza na Primorskem,
 Fakulteta za vede o zdravju
 Polje 42, 6310 Izola
 nejc.sarabon@fvz.upr.si